Aus dem Institut für physikalische Therapie und Röntgenologie
der Universität München.
(Vorstand: Professor Dr. G. Boehm).

Über Zackengröße und Zackenform der Aorta deszendens im unteren Thoraxabschnitt im Kymogramm und deren Ursachen

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
in der
gesamten Medizin
verfaßt und einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von

Werner Schneider
aus Saarbrücken.

1938

Druckerei und Verlag wissenschaftlicher Werke Konrad Triltsch,
Würzburg-Aumühle

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Dekan: Prof. Dr. Kürten.

Referent: Prof. Dr. Boehm.

Tag der mündlichen Prüfung: 13. 12. 37.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

MEINEN LIEBEN ELTERN

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548309_0029

Über die Bewegungen der unteren Deszendens sind bisher nur wenige Beobachtungen mitgeteilt worden. Das liegt zunächst an der geringeren diagnostischen Bedeutung dieses Aortenteils gegenüber der Aszendens und dem Aortenbogen, in der Hauptsache aber wohl daran, daß im Kymogramm die Zacken der unteren Deszendens nur in der Minderzahl der Fälle, bei Verwendung harter Strahlen, zu erkennen sind. Eine weitere Voraussetzung für die Sichtbarkeit der unteren Deszendenskontur ist, daß die Aorta nicht gänzlich von der Masse der Wirbelsäule überlagert ist. Häufig ist zu beobachten, besonders beim leptosomen Typus mit der langen, schmalen Herzform, wie auch bei jugendlichen Individuen, daß der laterale Rand der Aorta im unteren thorakalen Abschnitt von der linken Seite der Wirbelsäule zu deren Vorderseite wandert, so daß die linke Randkurve unsichtbar wird. Bei älteren Personen fand sich eine häufige Abweichung des linken Aortenrandes nach links, was wohl in der Verlängerung der Aorta im Alter begründet ist. Dies wird auch durch die Feststellung Mehnerts (4) bestätigt, der an der Leiche die Verlagerung der Deszendens an den linken Umfang der Brustwirbelkörper besonders bei älteren Individuen fand, was Corning (4) als paravertebrale Lage im Gegensatz zur praevertebralen bezeichnet.

Eine weitere Erschwerung in der Erkennung der Zackengröße wie der Zackenform bildet der Umstand, daß die Deszendenskurve durch die Projektion auf den in seiner Dichte stark wechselnden Ventrikelschatten unscharf wird. Wohl durch eine Kippbewegung des Herzens, verbunden mit größerer Blutfüllung, zeigt sich gegen Ende der Ventrikeldiastole im Kymogramm ein Streifen größerer Schattendichte. Durch diese „Dichtelinie" wird häufig die beginnende Lateralbewegung der Aortenkurve verwischt oder sogar ganz verdeckt, wodurch die Aufnahme für eine genaue Messung ungeeignet wird. Bei der Feststellung der absoluten Zackengröße kann uns aber auch die Densographie nicht weiterhelfen, da die Amplitudengröße der densographischen Kurve bei der üblichen Anwendungsweise von der Dichte des darunterliegenden Mediums abhängig ist, infolge der Summation der Helligkeits-

werte über dem Lungenschatten also anders aussehen wird als über dem Herzschatten. Zwar gelang es, eine Methode zu finden, mit der sich die Zackengröße densographisch festlegen ließ, doch wurde dabei zugleich mit der Randkontur auch deren Unschärfe um das vierfache vergrößert, so daß diese Verfeinerung hier praktisch keinen Gewinn bedeutet. (Dagegen ist die densographische Methode eine wertvolle Hilfe beim Zeitvergleich der Herz-Gefäßbewegung, was am Schluß näher ausgeführt ist).

Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse konnten aus dem vorliegenden Material von über 450 Kymogrammen normaler und kranker Herzen etwa 100 Aufnahmen ausgewählt werden, die eine annähernd genaue Messung der unteren Deszendens gestatten.

In der Literatur finden wir zumeist die Auffassung, daß die Lateralbewegung der Aorta im unteren Deszendensabschnitt viel geringer sei als die des Aortenbogens. Weltz (18) hat in seinen Untersuchungen über die pulsatorische Bewegung der Brustaorta festgestellt, daß die Amplitudengröße von 4 Komponenten abhängig ist (Blutdruckamplitude, Rohrkrümmung und anatomische Bewegungsmöglichkeit, Wandbeschaffenheit und Rohrweite). Unter diesen Komponenten der Lateralbewegung räumt Weltz der anatomischen Bewegungsmöglichkeit, die im wesentlichen von der Fixation der Aorta an die Brustwirbelsäule abhängig sein soll, eine große Bedeutung ein. Der Aortenbogen ist nach Weltz frei im Thoraxraum beweglich, während die Deszendens, namentlich in ihrem unteren Abschnitt, weitgehend an die Wirbelsäule fixiert sein soll.

Nach der Mitteilung von anatomischer Seite wie auch nach eigenen Beobachtungen ist ein derartiger Unterschied in der Fixation des Aortenbogens gegenüber der Deszendens an der Leiche nicht festzustellen. Der Annahme, daß die Fixation der Aorta dem dauernden Angriff der Blutbewegung so erheblichen Widerstand zu leisten vermag, widerspricht die eingangs erwähnte Feststellung von Mehnert, daß die Aorta sich bei älteren Individuen nach links verlagert. Weltz (18) vergleicht die Aorta mit einem Gartenschlauch, der plötzlich unter Druck gesetzt wird. Die daraus resultierende Streckbewegung des Bogens wird sich aber u. E. mit gleicher Kraft auf die Deszendens fortpflanzen und diese linkskonvex zu biegen versuchen.

Tatsächlich fanden sich bei der Untersuchung von etwa 100 Kymogrammen aus vorwiegend klinischem Material, daß bei 60 %, also in der Mehrzahl der Fälle, die Amplitude der

Aorta deszendens in ihrem unteren Thoraxteil ebensogroß oder größer, höchstens aber 10 % kleiner ist als am Aortenbogen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß das Kymogramm nur die seitliche Bewegung des Gefäßes im Sagittalbild erfaßt, nicht aber die absolute, räumliche Bewegungsamplitude der Aorta im Thorax, da ja die Bewegung im Arkusteil mehr eine ventro-dorsale ist, im Deszendensabschnitt dagegen mehr medianlateral. Aus diesem Grunde wurde die Arkuspulsation am peripheren Ende des Bogens, beim Übergang in die Deszendens, gemessen. Hierdurch ließ sich, wie der Vergleich mit den Meßwerten an der oberen Deszendens zeigt, ein nennenswerter Fehler vermeiden.

Bei der Betrachtung dieser Statistik liegt der Einwand nahe, daß die stärkere Deszendenspulsation auf die Tatsache zurückzuführen sei, daß vorwiegend kranke Herzen untersucht wurden. Sicher wäre es falsch, aus solchen Untersuchungsergebnissen allein Schlüsse auf das Verhalten normaler Herzen zu ziehen.

Bei gesonderter Betrachtung von 30 normalen und annähernd normalen Herzen fanden sich große Unterschiede in der Amplitudengröße der unteren Deszendens. Neben wenigen Fällen, die eine ganz geringe Pulsation aufwiesen, gab es solche, die im Deszendensteil stärker pulsierten als am Arkus. Meist zeigte sich eine geringere Bewegungsabnahme kaudalwärts; der Durchschnitt ergab eine Verminderung der Deszendensamplitude gegenüber der des Arkus im Sagittalbilde um knapp 10 %.

Endlich lagen noch eine Reihe von Kymogrammen gesunder Herzen vor, die vor und in Kaltbädern, Heißbädern, CO_2-Bädern, Moorbädern, kalten Duschen sowie bei körperlichen Anstrengungen gemacht worden waren. Exakte Messungen waren wegen der Weichheit der Aufnahmen, die nur eine schwache Aortenkontur unter dem Ventrikelschatten erkennen ließen, nicht möglich. Während die Form der Ventrikelzacke bei den Aufnahmen im Bad erhebliche Veränderungen gegenüber der normalen Bewegung zeigte, ließ die Aorta in allen Abschnitten eine weitgehende Konstanz der Bewegungsform erkennen. Hierauf soll bei der Betrachtung der Zackenform noch näher eingegangen werden. Die Veränderung in der Amplitudengröße der Aorta ging mit der des Ventrikels stets parallel.

Bei der Betrachtung der Amplitudengröße interessiert zunächst die Frage, ob es sich dabei um Lageveränderung des Rohres im Thoraxraum oder mehr um Weiteveränderung handelt. Es ist ein

Beweis für die Bedeutung der Flächenkymografie, daß sie die Feststellung dieser wichtigen Verhältnisse beim Menschen erst ermöglicht hat. Auf der Tatsache der Weiteveränderung des Aortenrohres baut sich die wichtige Theorie der Windkesselfunktion der Aorta auf. So ist man geneigt, die Lateralbewegung der Aorta als einen Ausdruck der Dilatation des Gefäßes als Folge der Ventrikelsystole zu werten. Dietlen (6) hat allerdings aus Beobachtungen am Leuchtschirm schon auf die Bedeutung der Lageveränderung hingewiesen. Stumpf (17) fand, daß bei Aufnahmen im ersten schrägen Durchmesser sich die beiden Aortenränder verschieden verhalten. Am vorderen Rand war die Bewegung gleich der im sagittalen Bild. Am hinteren Rand jedoch fand Stumpf kurz nach dem Zeitmoment des Gipfelpunktes der Aorta (vorn) eine tiefe Einsenkung, welche offenbar einer Vorwärtsbewegung des Randes entsprach. Stumpf schließt daraus, daß sich die Weiteveränderung und Lageveränderung vorn und links in gleichem Sinne addieren, während sie sich hinten subtrahieren. Kahlstorf (11) führt (1935) die Lateralbewegung bei der normalen Aorta mindestens zum größten Teil auf die Dilatation der Aortenwand zurück. Er fand die Ausweitung des Aortenlumens bei der Systole direkt ablesbar, besonders im schrägen Durchmesser. Genauere Messungen hat er, soweit bekannt, nicht veröffentlicht. Weltz (18) hat zur Sichtbarmachung beider Aortenränder die Ösophagusfüllung angewandt, und er machte dabei die überraschende Feststellung, daß medialer und lateraler Rand der Deszendens gleichgerichtete und auch annähernd gleichgroße Amplituden aufweisen, d. h., daß in den meisten Fällen an der Deszendens überhaupt keine Weiteveränderung, sondern nur eine Lageveränderung festzustellen war. Brömser und Ranke bestätigen diese Feststellung durch Beobachtungen auf direktem optischem Wege im Tierversuch.

Bei Aufnahmen im zweiten schrägen Durchmesser konnten bei günstiger Projektion entsprechend dem Vorschlag von Kahlstorf beide Aortenränder frei beobachtet werden, doch zeigte das geringe Material meist zu unscharfe Konturen, um exakte Messungen zuzulassen. Ein Fall von hochgradiger Sklerose der Deszendens allein, der genau auszumessen war, ergab folgende Werte:

Durchmesser der Aorta im			
lateralen Umkehrpunkt (bei Kammersystole)	36	35	35,1 mm
medialen Umkehrpunkt (bei Kammerdiastole)	35,1	34	34,2 mm

Wir sehen eine kammersystolische Erweiterung des Gefäßes um durchschnittlich 0,9 mm, das ist bei einer Amplitude von 3,2 mm also ein Drittel bis ein Viertel der gesamten Bewegung. Die Ablesung erfolgte im mittleren thorakalen Deszendensabschnitt an 3 verschiedenen Stellen. Die kammersystolische Bewegung der Aorta erfolgte, soweit aus der Aufnahme im schrägen Durchmesser geschlossen werden darf, nach seitlich und hinten, was einer Streckbewegung des Aortenbogens wie auch der Deszendens in der Austreibungsphase entspricht. Eine Phasenverschiebung in der Bewegung beider Gefäßränder, wie Stumpf sie beschreibt, war nicht zu beobachten. Dem lateralen Umkehrpunkt hinten entsprach die tiefste Einsenkung vorn und umgekehrt. Jedoch wäre es verfehlt, aus diesem Einzelfall einer stark sklerosierten Aorta das normale Verhalten des Gefäßes beurteilen zu wollen. Immerhin zeigte sich dieselbe, der Kammersystole entsprechende Bewegung nach hinten bei allen Aufnahmen im schrägen Durchmesser. Wir finden also eine Bestätigung der Untersuchungen von Weltz, der die überragende Bedeutung der Lageveränderung gegenüber der Weiteveränderung erstmalig feststellte.

Bei der Betrachtung der Zackenform an der Aorta fällt die große Regelmäßigkeit der Deszendensbewegung im Gegensatz zur Aszendenskurve auf. Es läßt sich daraus die weitgehende Unabhängigkeit der Deszendens von den Bewegungen des Herzens im gesamten Thoraxraum erkennen. Die Aszendens dagegen unterliegt verschiedenen Einflüssen und zeigt eine aus Herz- und Aortenbewegung resultierende Mischform, die Weltz (18) analysiert und in 3 Komponenten (pulsatorische Lageveränderung, puls. Weiteveränderung und Ventrikelfaktor) zergliedert hat. Hierdurch erfahren die Schwankungen in der Aszendensbewegung und die bei einzelnen Individuen verschiedene Phasenverschiebung der Aszendenszacke gegenüber der Deszendenszacke eine eindeutige Erklärung. Weltz konnte zeigen, daß das Zeitmaß des Vorauseilens der Aszendensbewegung bei ein und derselben Person dadurch zu verändern war, daß die Kymogramme in tiefer Inspiration und in tiefer Exspiration gemacht wurden. Bei ersterer eilte die Pulsation rechts weniger voraus, bei letzterer mehr. Damit wies Weltz nach, daß die Aszendensbewegung neben der Aortenpulsation auch durch die mitgeteilte Ventrikelbewegung bestimmt wird. Die Höhe des Zwerchfellstandes verändert nach Weltz den Anteil jeder Bewegungskomponente an der Gesamtbewegung. Ist der Anteil der

Ventrikelbewegung an der Aszendenskurve groß, so beginnt nach Weltz die Lateralbewegung schon zur Zeit der Anspannungsphase, also unmittelbar vor Beginn der Systole, was eine große Phasenverschiebung gegenüber der Deszendenspulsation bedeutet. Berücksichtigt man ferner, daß die Aszendens am stärksten den Druckveränderungen unterliegt, die durch die Atmung gegeben sind, wie Versuche von Nolte (14) mit dem Valsalvaschen Versuch ergaben, sowie den Umstand, daß häufig die Vena cava im Sagittalbilde randbildend ist, so ist es klar, daß man bei der Beurteilung der Aszendensbewegung vorsichtig sein muß. Auch bei den Aufnahmen, die während eines Bades von gesunden Herzen gemacht wurden, zeigten sich weitgehende Veränderungen der Aszendenskontur gegenüber den Aufnahmen vor dem Bade.

Anders liegen die Verhältnisse am Arkus und an der Aorta deszendens. Bei vielen krankhaften Herzveränderungen wird ein normaler Ablauf der Deszendensbewegung beobachtet. Ventrikuläre Extrasystolen können nach Kahlstorf (11) von der Aorta ausgeglichen werden und treten an der Deszendenskurve nicht in Erscheinung, während sie an der Aszendens noch zu erkennen sind. Kahlstorf führt einen Fall von völliger Allorhythmie der Ventrikel an, wobei wechselnde Lateralbewegungen von 6 und 14 mm zu sehen sind, die noch in der Aszendenskurve zu differenzieren sind, jedoch zeigt die Deszendens eine völlig ausgeglichene Bewegung.

Die Kurvenform der Deszendens zeigt mit großer Regelmäßigkeit eine schnelle, der Kammersystole entsprechende Lateralbewegung, die im Kurvenbild einen flachen, nahezu wagerechten Schenkel ergibt. Hierauf erfolgt eine langsame, meist sehr gleichmäßig verlaufende und wohl durch aortale Windkesselwirkung ausgeglichene kammerdiastolische Medialbewegung, die im Kurvenbild der oberen Deszendens einen steilen, oft nahezu senkrecht abfallenden „langen Schenkel" zeichnet. (Für den der Kammersystole entsprechenden, lateralgerichteten Teil der Aortenkurve hat sich die Bezeichnung „kurzer Schenkel", für den medianwärts gerichteten, kammerdiastolischen Teil der Ausdruck „langer Schenkel" eingeführt.) In der unteren Deszendens dagegen ist die Kurvenform meist stärker ausgezogen und der lange Schenkel verläuft flacher, ist auch oft bei normalen Herzen leicht konkav gebogen. Die Ursache für diese Abflachung der Kurvenform ist wohl in der Drehung der Bewegungsebene aus der mehr ventrodorsalen in die mendianlaterale zu suchen.

Diese große Regelmäßigkeit in der Aortenkurve des Kymogramms, die von Stumpf (17) und Bickenbach (1) durch Vergleich mit dem Subclaviadruck bestätigt wurde, veranlaßten Stumpf, den Umkehrpunkt der Aortenmedial- zur Lateralbewegung als die sicherste Zeitmarke, gleichsam als den Nullpunkt in der Kymogrammbewegung festzulegen.

Am langen Schenkel sieht man häufig, kurz nach dem lateralen Umkehrpunkt, eine kleine Einsenkung, die eine Rückstoßbewegung des Blutes beim Schluß der Aortenklappen wiedergibt. Diese Zacke, die den Beginn der Diastole registriert, hat wohl kaum eine diagnostische Bedeutung, da sie durchaus nicht immer im normalen Kurvenbild vorzukommen braucht. Kahlstorf (11) hat sie dagegen auch an den Schleuderzacken eines Falles von Aorteninsuffizienz beobachtet. Sehr deutlich kommt die Bewegung in den von Cignolini (3) geschriebenen Kurven zum Ausdruck, welche für die Betrachtung dieser Feinheiten im Kurvenbild besonders geeignet sind.

> Die von Cignolini angegebene Anordnung ist im Gegensatz zu dem Stumpf'schen Vielschlitzkymographen mit einem einzigen unterbrochenen Schlitz versehen. Der Film wird hinter dem feststehenden Schlitz bewegt. Diese Methode ermöglicht es, die Bewegung eines bestimmten Punktes des Herzrandes in großen, weitgeschriebenen Kurven aufzuzeichnen. Die Einstellung des in einzelne Abschnitte aufgeteilten Schlitzes auf verschiedene Punkte des Herz- bzw. Aortenrandes läßt die gleichzeitige Aufzeichnung mehrerer charakteristischer Punkte zu. Der Vorteil dieser Methode ist, daß die Bewegungsausschläge ein und desselben Punktes registriert werden, nachteilig ist, daß der Umriß des Herzens nicht zu erkennen ist.

Cignolini glaubte durch genaue Analyse der Feinheiten in der Kurve und durch Erforschung ihrer dynamischen Ursachen das Elektrokardiogramm überflüssig machen zu können, eine Annahme, die Weltz (18), soweit eine Beteiligung der Aortenkurve hieran in Frage steht, durch Vergleich mit der Carotisdruckkurve widerlegt: die Aortenwand registriert die Druckschwankungen zu träge, zudem ist die geringe Aortendruckbewegung durch die größere Lageveränderungsbewegung überlagert.

Über die röntgenologischen Erscheinungen der charakteristischen Aortenerkrankungen liegen zahlreiche Be-

obachtungen vor. Kudisch (12) versuchte neuerdings, die röntgenologische Aortenuntersuchung zu systematisieren und schlug eine einheitliche Nomenklatur für bestimmte Symptome vor, deren charakteristisches Zusammentreffen eine bestimmte Diagnose ermöglichen sollen. Auch kymografische Beobachtungen über das Bewegungsbild zahlreicher Aortenerkrankungen von Stumpf, Kahlstorf, Holst, Klioner, Zdansky und Ellinger u. a. liegen vor. Hier fehlt allerdings die von Kudisch für die röntgenologische Aortenuntersuchung geforderte Systematik vollständig und die Anschauungen stehen sich vielfach widersprechend gegenüber.

In den folgenden Abschnitten sollen, soweit es das vorliegende Material zuließ, eigene Beobachtungen über das Verhalten der unteren Deszendens bei einigen Aortenerkrankungen mitgeteilt und im Zusammenhang mit dem übrigen Gefäßbild betrachtet werden.

Betrachten wir zunächst als häufigste Erkrankung der Aorta die Arteriosklerose. Ein Fall von autoptisch bestätigter Sklerose 2. Grades am Aortenbogen zeigte folgende Erscheinungen:

> Herz klein (11 cm). Geringe Phasenverschiebung zwischen Aorta rechts und links (wobei die Lateralbewegung bei veränderter Form an der unteren Aszendens deutlich früher beginnt als im oberen Teil) zeigt einen kleinen Ventrikelfaktor an. Die Aortenknopfpulsation ist durch Überlagerung von pneumonischen Massen nicht zu differenzieren. Die mittlere und untere Deszendens zeigt eine mittlere Amplitudengröße bei deutlich veränderter Form: auf den fast wagerechten Schenkel einer schnellen Lateralbewegung folgt ein konvex gebogener, gerundeter Schenkel, der der Zacke eine abgestumpfte Form verleiht, um gegen Ende der Kammerdiastole in schneller Bewegung dem medialen Umkehrpunkt zuzustreben.

Es ist hier also ein genau umgekehrter Verlauf der Medianbewegung festzustellen wie bei der Aorteninsuffizienz, bei welcher eine Konkavität des langen Schenkels beobachtet wird. Es wäre denkbar, daß hier eine Veränderung des Druckablaufes vorliegt in dem Sinne, daß es der vermindert elastischen Aortenwand erst verspätet gelingt, das Aortenblut in die Peripherie zu treiben. Jedoch ist auch eine Bewegungshemmung durch infiltrative Massen in Erwägung zu ziehen. Inwieweit ferner ein durch die Sklerose

veränderter Ablauf der Lateralbewegung an der Gestaltung der Kurve mitwirkt, läßt sich wohl kaum klarstellen.

Auffällig war an diesem Fall eine deutliche Phasenverschiebung der unteren Deszendensbewegung gegenüber der des Ventrikels, die hier so groß ist, daß die kammersystolische Lateralbewegung der absteigenden Aorta zeitlich nach dem medialen Umkehrpunkt des Ventrikels einsetzt, also in den Beginn der Ventrikeldiastole fällt. Das konnte in diesem Maße bei keinem anderen Fall festgestellt werden und muß wohl als Folge der verminderten Elastizität der Aortenwand aufgefaßt werden. Auch die Lungeninfiltration mag mit dazu beitragen.

Kahlstorf (11) fand bei Aortensklerose eine Abschrägung des kurzen Schenkels, der einem verzögerten Ablauf der Lateralbewegung entspricht. Gleichzeitig fand er einen zeitlich schnellen Abfall der Medianbewegung, so daß eine Form entstand, die einem gleichschenkligen Dreieck ähnelt. Dieses Zurückschnellen der Wand faßt Kahlstorf als Ausdruck der herabgesetzten Elastizität der Wand und damit einer schlechten Windkesselfunktion auf.

> Bei einem Fall mit erheblicher sichtbarer Sklerose der Deszendens fand sich in der Bewegung der sklerotischen Gefäßwand ebenfalls eine Abflachung des kurzen Schenkels, wie Kahlstorf ihn beschreibt.

Der scheinbare Widerspruch in unseren beiden Beobachtungen findet jedoch eine einfache Erklärung, wenn man in Rechnung zieht, daß im ersten Falle die Bewegung des nicht veränderten Deszendensteils einer Aorta beschrieben wurde, deren Arkus nach Obduktionsbefund eine Sklerose aufwies, während im zweiten Falle die Bewegung der sklerotischen Wand selber betrachtet wurde.

> In anderen Fällen mit sichtbaren Einlagerungen in der Aortenwand konnten keine deutlichen Veränderungen in der Deszendensbewegung festgestellt werden.

Es zeigt sich hieraus, daß die Verhältnisse zu kompliziert und ihre Erscheinungsformen zu vielseitig sind, als daß sie sich in einer einfachen Symptomatik festlegen ließen.

Bei der Aorteninsuffizienz, für deren Diagnose das kymografische Bewegungsbild besonders zuverlässige Anhaltspunkte gibt, wurden frühzeitig von Stumpf (17), Fetzer (7), Wilke (19) u. a. besonders große Hacken an der Aorta festgestellt, die eine Schleuderbewegung ausdrücken. Die Spitze dieser Kurvenform ist

lang ausgezogen, der lange Schenkel ist nach Kahlstorf (11) deutlich konkav geformt, was durch die schnelle Entleerung des Blutes nach beiden Seiten zu erklären ist. Diese Beobachtung bestätigte sich an häufigen Fällen, wobei an der unteren Deszendens die gleiche Schleuderung, oft sogar noch verstärkt, sichtbar wurde. In der nachfolgenden Tabelle finden sich mehrere Fälle von Aorteninsuffizienz, bei welchen die Pulsation an der unteren Deszendens stärker ist als am Aortenbogen.

Eine überraschende Feststellung ermöglichten die Balneokymogramme. Bei gesunden Herzen, die in Ruhe eine gleichmäßige, kleine Aortenamplitude aufwiesen, zeigte sich im Verlauf verschiedener Bäder teilweise erhebliche Schleuderung, die von der bei Aorteninsuffizienz beobachteten nicht zu unterscheiden war. Hieraus wird klar, daß gleiche Wirkung durch sehr verschiedene Ursachen ausgelöst werden kann, die veränderte Kurvenform also nur Ausdruck veränderter Funktion ist. Eine bestimmte Diagnose kann also nur nach Berücksichtigung aller klinischen Erscheinungen gestellt werden.

Auch bei der Aortenstenose läßt sich eine charakteristische Kurvenform an der Deszendens erkennen.

> Ein Fall von klinisch festgestellter Aortenstenose zeigt folgende Daten: Beiderseits dilatiertes Cor (22,5 cm transv. Dm.). Geringe Bewegung an der Spitze mit lateraler Plateaubildung. Asz. 0,6 cm, Knopf 0,7 cm, D. o. 0,51 cm, D. u. 0,8 cm. Lebhafte Pulsation der Aszendens mit Schleuderzacke, die der Deszendensbewegung deutlich vorauseilt und einen großen Ventrikelfaktor beweist. Die Lateralbewegung der gesamten Deszendens zeigt einen typischen Verlauf: einen konvex ausgezogenen, schnabelförmig gebogenen, abgeschrägten kurzen Schenkel, der deutlich die verlängerte Einströmzeit des Blutes in die Aorta erkennen läßt. Es fällt die verhältnismäßig große Exkursion der Lateralbewegung auf. Augenfällig ist der Unterschied in der Bewegung der Aorta und der Pulmonalis, die im normalen Bild kaum zu unterscheiden sind.

Bei Aneurysma aortae fand Stumpf (17) bei Untersuchung von 20 Fällen alle Übergänge in der Form der Lateralbewegung bis zu deren völligem Fehlen.

Bei zwei Fällen von großem Aneurysma zeigte sich geringe Pulsation im gesamten Verlauf der Aorta. Die verlangsamte Lateralbewegung ging aus der Abschrägung des kurzen Schenkels hervor. Die unregelmäßige Kurvenform zeigte keine Besonderheiten.

Bei dem vorliegenden Material von Mesaortitis luica waren besondere Messungen an der unteren Deszendens nicht möglich.

Im Großen gesehen, zeigte sich in den meisten Fällen in der Form der Bewegung der unteren Deszendens eine auffallende Ähnlichkeit mit den oberen Partien der absteigenden Aorta, wobei lediglich eine größere Ausziehung der Zackenform infolge der Drehung der Bewegungsebene und eine nicht immer festzustellende leicht konkave Form der Medianbewegung auffiel.

Zuletzt sei nun eine Frage untersucht, deren Lösung die Kymographie erst ermöglicht hat, und die von Anfang an die Forscher sehr interessierte: die Frage nach der Phasenverschiebung im Ablauf der Herz-Gefäßbewegung. Der Vergleich des Zeitunterschiedes zwischen der Lateralbewegung der Aorta und der Ventrikelkontraktion drängt sich bei der Betrachtung der unteren Deszendens förmlich auf, denn hier sind beide Bewegungen übereinander projiziert und gestatten eine leichte und genaue Ablesung. Es wäre denkbar, daß dieser Untersuchung eine diagnostische Bedeutung zukäme, indem bei veränderten Klappen oder bei geschädigter Gefäßwand ein anderer Zeitunterschied im Ablauf der Bewegung zustandekommt.

Nach den Feststellungen von Stumpf und Bickenbach (1) entspricht der Beginn der Lateralbewegung an der Aorta dem Beginn der Austreibungszeit des linken Ventrikels, die Klappeninzisur in der Aortenmedialbewegung dem Beginn der Ventrikeldiastole. Die beiden Autoren ziehen dabei den Zeitunterschied, der durch die Fortpflanzung der Pulswelle in der Aorta hervorgerufen wird, nicht in Betracht. Nehmen wir eine mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 6 m/sec. in der Aorta an, so müßte in einer Entfernung von 30 cm vom Herzen eine Phasenverschiebung von 0,05 sec. zu verzeichnen sein, was in den Stumpf'schen Densogrammen mehr als einen Teilstrich ausmacht, also gut abzulesen ist.

Der Vorgang der von Stumpf (17) angegebenen Densographie der Kymogramme ist folgender: Durch eine Sammellinse wird auf dem Kymogramm im Bezirk einer

Randkurve ein Lichtpunkt, bzw. eine feine Lichtlinie entworfen, deren Licht nach Durchsetzung des Films eine lichtelektrische Zelle trifft. Diese Zelle ist mit einem Verstärker und einem Registrierinstrument verbunden, das ähnlich wie ein Elektrokardiograph die Densogramme schreibt. Wird der Film bewegt, so gleitet die den Kymogrammstreifen parallele feine Lichtlinie über die Kymogrammkurve hinweg und es entstehen auf dem Registrierpapier Kurven, die ein genaues Abbild der objektiven Schwärzungsverteilung darstellen. Als günstigstes Streckenverhältnis zwischen Kymogramm und Densogramm wählte Stumpf das Verhältnis 1 : 4, d. h. 1 mm des Kymogramms entspricht 4 mm der Densogrammkurve.

Aus den eigenen Densogrammen sowie aus den von Stumpf veröffentlichten ergibt sich, daß der laterale Umkehrpunkt der Ventrikelbewegung keineswegs gleichmäßig erfolgt; bei Untersuchung von 100 gesunden Herzen fand Stumpf eine durchschnittliche Variante von 0,05 sec., mit welcher die Medialbewegung vor Beginn der Austreibung erfolgte. Die gleichen Unterschiede zeigen sich aber auch in den Ventrikelkurven verschiedener Höhe beim gleichen Individuum. Da dieser Wert aber von der gleichen Größenordnung ist wie der vorher errechnete Wert für die Phasenverschiebung, so wird eine genaue Feststellung letzterer unmöglich sein und ist darum für die Diagnose nicht zu verwerten. (Weltz registriert eine deutliche Phasenverschiebung in der Bewegung der Aorta rechts gegenüber links. Er erklärt, wie schon vorher erwähnt, den vorzeitigen Beginn der rechtsseitigen Lateralbewegung durch den Einfluß der praesystolischen Anspannungsbewegung des Herzens, wobei die Hebung der Kammer sich der Aorta mitteilt. Daraus geht hervor, daß es sich hier um eine durch äußere Einflüsse hervorgerufene Veränderung der Bewegung, nicht aber um eine echte Phasenverschiebung handelt.)

In den sehr weitgeschriebenen und deshalb genau auszumessenden Kurven von Cignolini (3) ist die gleiche Feststellung zu machen. Hier folgt der Beginn der Aortenlateralbewegung dicht auf die laterale Umkehrbewegung der linken Kammer, die Cignolini als Symptom des Atrioventrikularklappenschlusses bezeichnet. Es ist hier kein Intervall der Phasenverschiebung abzulesen, man könnte höchstens annehmen, daß der Ventrikelfaktor, also die Anspannungsbewegung des Herzmuskels, die sich in geringerem Maße

ja auch an der Deszendens bemerkbar machen muß, die Lateralbewegung um eine geringe Zeitspanne vorzeitig beginnen läßt.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich, daß der Wert der Phasenverschiebung für die untere Deszendens von der Größenordnung ist, wie sie als Grenze der Regelmäßigkeit bei jedem gesund arbeitenden körperlichen Organ zu beobachten ist. Eine diagnostische Bedeutung kommt ihr also nicht zu.

Literatur.

Bickenbach (1): Die Messung des Querschnittes der Aorta aszendens. Dtsch. Arch. klin. Med. 1931, 6.

Brednow und Schaare (2): Kymographische Untersuchungen des normalen Herzens. Z. klin. Med. 125.

Cignolini (3): Die Röntgenkymographie mit unterbrochenem Schlitz. Fortschr. Röntgenstr. 49, 3.

Corning (4): Lehrbuch der topographischen Anatomie. 1931.

De Châtel und St. Ruszuyak (5): Gibt es eine systol. Aortendehnung? Z. exp. Med. 94, 55.

Dietlen (6): Herz und Gefäße im Röntgenbild. 1923.

Fetzer (7): Die Anwendung der Röntgenkymographie in der Kreislaufdiagnostik. Erg. inn. Med. 45 (1933).

Fürst (8): Methoden der individuell. Auslese für gewerbliche Berufe. Handbuch der biol. Arbeitsmethoden, Abt. 5, 2. Hälfte 1932.

Hauffe (9): Herz, Pulsation und Blutbewegung. 1930.

Holst, Klioner, Koppelmann, Speranskii (10): Die Flächenkymographie des Herzens. Fortschr. Röntgenstr. 51, 5.

Kahlstorf und Ohnesorge (11): Die diagnostische Bedeutung der pulsatorischen Aortenbewegungen im Flächenkymogramm. Fortschr. Röntgenstr. 51, 1.

Kudisch (12): Röntgenolog. Studien der Aorta. Fortschr. Röntgenstr. 48, 3 und 49, 1.

Magnus-Alsleben (13): Zur Diagnose der Aortensklerose. Med. Klin. 1934.

Nolte (14): Veränderung der Herzform und -Größe. Fortschr. Röntgenstr. 50, 3.

Ritter (15): Röntgenkymographische Beobachtungen über das Verhalten des Herzens im heißen Bad. M. M. W. 84, 9.

Schilling (16): Anwendung der Flächenkymographie in der Diagnostik der Herzerkrankungen. Fortschr. Röntgenstr. 47, 3.

Stumpf (17): Die objektive, laufende Messung der Schattentiefe von Röntgenbildern. Fortschr. Röntgenstr. 36, 3.

— Röntgendiagnostik der Herz- und Gefäßerkrankungen. Radiol. Rsch. 1, 5/6.

— Die pulsatorischen Bewegungen der großen Gefäße im Röntgenbild. Röpra 1933, H. 10.

— Kinematographie, Kymographie, Densographie als Mittel zur Vervollkommnung des Röntgenverfahrens. Ikurse f. ärztliche Fortbildg. Febr. 1934.

— Kymographische Analyse der Bewegungen des Herzens. Fortschr. Röntgenstr. 49, 3.

— Weber, Weltz: Röntgenkymographische Bewegungslehre innerer Organe. Thieme Leipzig 1936.

Weltz (18): Die Bewegungen des sagittalen Herz- und Aortenbündels bei der Atmung. Fortschr. Röntgenstr. 50, 2.
— Die pulsatorischen Bewegungen der Brustaorta. Fortschr. Röntgenstr. 51, 2.
Wilke (19): Untersuchungen am Herzen mittels Röntgenkymographie. Fortschr. Röntgenstr. 46, S. 558.
Zierach (20): Untersuchungen über die Konstanz der Bewegungen des Herzens. Fortschr. Röntgenstr. 50, 1.
Zdansky und Ellinger (21): Röntgenkymographische Untersuchungen am Herzen. Fortschr. Röntgenstr. 47 und 49.

Lebenslauf.

Am 25. März 1913 wurde ich, Werner Schneider, zu Saarbrücken als Sohn des Fabrikanten Heinrich Schneider geboren und besuchte die Volksschule und anschließend das Reformrealgymnasium meiner Vaterstadt. Nach Bestehen des Abiturientenexamens im Jahre 1932 besuchte ich die Universitäten zu München, Berlin und Heidelberg, wo ich 1934 das Physikum bestand. Die klinischen Semester hörte ich in Freiburg, Wien und München, wo ich im Dezember 1937 das Staatsexamen ablegte.

Für die Anregung zu dieser Arbeit bin ich Herrn Professor Dr. Boehm zu besonderem Dank verpflichtet. Ferner gilt mein Dank vor allem Herrn Oberarzt Dr. Ekert für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung sowie Herrn Dr. Schorr für die Anleitung bei der Benützung des Densographen.